



Gramado – RS

De 30 de setembro a 2 de outubro de 2014

ECOPISO DE FIBRA DE TURURI E RESINA DE MAMONA: Ensaio de Resistência à Abrasão e Análise da Morfologia Utilizando MEV

Oliveira, Ana Karla Freire; PhD; Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ
designer29@gmail.com

D'Almeida, José Roberto Moraes; PhD; Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
dalmeida@puc-rio.br

Resumo: Pesquisa de Doutorado desenvolvida no curso de Engenharia de Materiais que teve como objetivo o estudo da viabilidade técnica de uso do compósito de fibra de tururi (*Manicaria saccifera*) e resina à base de óleo de mamona na fabricação de pisos e revestimentos. Neste artigo estão expostos os resultados dos ensaios de Resistência à Abrasão e Análise de MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura). Os resultados apontaram que o compósito produzido apresenta resistência ao desgaste abrasivo, tornando-o um material apto à aplicação em pisos e revestimentos, acarretando em uma Patente de material. Foi gerado um piso do tipo taco que foi selecionado para exposição no 24^o Prêmio Design Museu da Casa Brasileira.

Palavras-chave: Design Sustentável, Ecocompósito, , Fibra de Tururi, Resina de Mamona, pisos.

Abstract: *Research developed in the course of Materials Engineering (PUC Rio) aimed to study the technical feasibility of using composite fiber tururi (saccifera Manicaria) and resin-based castor oil (Castor oil) in manufacturing floors. This paper shows the results of tests of Abrasion Resistance and Analysis of SEM (Scanning Electron Microscopy). The results showed that the composite produced is resistant to abrasive wear, making it a fit for use on floors material, resulting in a patent material. A floor that was selected for display at the 24th Design Museum of the Brazilian House Prize was generated.*

Key-Words: *Sustainable Design, Biocomposite , Tururi fiber, Resin Castor, floors.*

1. INTRODUÇÃO

O Design é um tema dinâmico e sujeito à constantes transformações e interações. Dentre essas interações, a que mais me desperta a atenção é a relação e necessária integração entre Design & Materiais, especialmente os materiais com caráter sustentável. A sustentabilidade requer que se esteja em consonância com vários requisitos, entre estes, o uso de recursos renováveis e a otimização do emprego de recursos não renováveis.

Na obra *O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis* (2005), MANZINI & VEZZOLI tratam da relação entre design e ambiente dando particular atenção ao desenvolvimento de produtos com baixo impacto ambiental, tendo se concentrado nas estratégias de projeto que, considerando o uso de materiais de origem renovável, permitem obter produtos mais ecoeficientes. Tanto na primeira obra citada, quanto em *Design para Inovação Social e Sustentabilidade* (2008), MANZINI nos apresenta e coloca em evidência diversos aspectos que indicam para a mesma direção: o design para a sustentabilidade requer mudanças sistêmicas. Sobre o papel do design em tais mudanças, o autor afirma: *“Hoje em dia, a sustentabilidade deveria ser meta-objetivo de todas as possíveis pesquisas em design (e não, como foi visto nos últimos anos, como um tipo de setor especializado, que corre paralelo a outros setores especializados).”*

Os ecocompósitos são resultados de pesquisas que utilizam, em sua maioria, materiais renováveis como fibras vegetais e resinas poliméricas derivadas de fontes naturais, como a resina de mamona, de lignina, de amido de batata, de bagaço de cana de açúcar, entre tantas outras. Ou seja, estamos falando de materiais não oriundos de fontes petrolíferas e com grande capacidade de diminuição da pegada de carbono no seu desenvolvimento, pois implica em um gasto energético menor, se comparado com outros materiais de origem sintética, além de beneficiar comunidades rurais, ao utilizar fibras vegetais.

Nesse contexto, a área de materiais compósitos possui atualmente como um de seus maiores pontos de interesse, o desenvolvimento de compósitos poliméricos reforçados por fibras vegetais. Este interesse tem origem no fato de que os compósitos poliméricos mais utilizados são reforçados em sua maioria, por fibras sintéticas, porém, em razão da sua baixa biodegradabilidade e origem não renovável (petróleo), é preciso substituí-los por materiais ecológicos e amigáveis ao homem. Neste sentido, os ecocompósitos representam uma boa alternativa no campo dos materiais para aplicações de Engenharia e Design comprometidos com o meio ambiente.

Os principais objetivos deste trabalho foram o processamento, caracterização e análise de viabilidade de aplicação do compósito formado por uma resina poliuretano derivada do óleo de mamona (*Castor oil*) e fibras de ubuçu/tururi (*Manicaria saccifera*) na fabricação de pisos e revestimentos. Para tanto, foram realizados vários ensaios de caracterização térmica, mecânica e abrasiva, sendo apresentados aqui os resultados dos ensaios de Resistência à Abrasão e o estudo de sua morfologia utilizando a técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Ao final, apresentamos o piso residencial como produto gerado a partir do compósito pesquisado.

2. DESENVOLVIMENTO

No cenário ambiental preocupante em que vivemos, a comunidade científica é chamada para apresentar sua contribuição para a indústria e sociedade em geral, ao desenvolver estudos relacionados a novos materiais com filosofia mais sustentável, provenientes de recursos renováveis. Desse modo, será possível diminuir a nossa dependência dos materiais derivados do petróleo e, simultaneamente, minimizar o impacto ambiental decorrente de seu uso. Neste contexto, a biomassa vegetal e animal, resultante das atividades agrícolas, florestais e agro alimentares, constituem uma alternativa sustentável de fontes renováveis para novos materiais.

Assim, surgem os ecocompósitos, da síntese de materiais a partir de matérias-primas provenientes da biomassa, em que a matriz e o reforço são ambos de recursos renováveis, constituindo-se no objeto de pesquisa desse estudo. Por ser obtido da combinação de fibras naturais e matrizes poliméricas de origem vegetal, é de se esperar que o compósito criado seja menos agressor ao meio ambiente.

De fato, as fibras naturais, em particular as de origem vegetal, apresentam inúmeras vantagens comparativamente às fibras de vidro, o que contribui para o seu uso crescente no desenvolvimento de materiais compósitos. Na Tabela 1, encontra-se uma análise comparativa de algumas características das fibras naturais e de vidro.

As principais características das fibras naturais em relação às fibras de vidro, se referem ao seu caráter renovável, biodegradabilidade, reciclabilidade e baixa densidade. Pode-se ainda frisar a natureza renovável das fibras naturais, sua disponibilidade quase ilimitada e o fato de que, quando analisamos seu ciclo de vida, compostadas ou queimadas, geram dióxido de carbono (CO₂) em quantidades requeridas para o crescimento das plantas, traduzindo-se num impacto ambiental positivo. O mesmo não se pode dizer da combustão de produtos de fontes fósseis, já que liberta quantidades consideráveis de CO₂ para a atmosfera, contribuindo para o efeito estufa e, conseqüentemente para as alterações climáticas a que o mundo tem assistido (LARBIG, et al., 2005).

Tabela 1 – Fibras Naturais X Fibras de Vidro.

	Fibras Naturais	Fibras de Vidro
Densidade	Baixa	Elevada
Preço	Baixo	Baixo
Caráter renovável	Sim	Não
Caráter reciclável	Sim	Não
Caráter biodegradável	Sim	Não
Neutralização CO ₂	Sim	Não
Caráter abrasivo	Não	Sim
Consumo energético	Baixo	Elevador

Fonte: Fernandes, 2008.

A baixa densidade das fibras naturais (cerca de duas vezes inferior às das fibras de vidro) associada à sua natureza não abrasiva, permite a incorporação de uma maior fração de reforço no material compósito, conduzindo à obtenção de materiais com propriedades mecânicas superiores, mas mais leves. Para além disso, as diversas formas de processamento de compósitos reforçados com fibras naturais exigem um menor consumo energético e provocam um menor desgaste dos equipamentos envolvidos no seu processamento (FERNANDES, 2008).

2.1 Fibra de tururi e resina de mamona: O compósito deste estudo.

A fibra de tururi, oriunda da palmeira ubuçu (*Manicaria saccifera*) é encontrada no estuário amazônico brasileiro. Esta fibra é utilizada no setor de artesanato e moda (produção de roupas e acessórios), bem como, pela população ribeirinha do Estado do Amapá na cobertura de suas casas. OLIVEIRA & D'ALMEIDA (2010), caracterizaram a fibra de tururi química e morfológicamente e como conclusão desta pesquisa, considerou-se a viabilidade da fibra ser utilizada como reforço em matrizes poliméricas.

A *Manicaria saccifera* é uma palmácea encontrada em países da América Central e do Sul. A sua classificação científica obedece a seguinte ordem: Reino – *Plantae*; Divisão – *Magnoliophyta*; Classe – *Liliopsid*; Ordem – *Arecales*; Família – *Arecaceae*; Gênero – *Manicaria*; Espécie – *Manicaria saccifera*. Esta palmácea é encontrada na Região Amazônica sendo conhecida popularmente por Buçu, Coqueiro-Buçu, Obuçu, Tururi, Ubuçu. Na Guiana Inglesa, *Troolie-Palm* e na Venezuela, *Timiche*. No Brasil esta planta é encontrada nas matas das várzeas e ilhas da Região Norte, especialmente na Amazônia, e Amapá (CORREA, 1978). Nesse estudo focaremos a *Manicaria saccifera* oriunda do Estado do Amapá.

A ubuçu em geral mede de 3 a 6 metros de altura. Suas folhas são grandes e quase inteiras, muito semelhantes as das bananeiras, medindo de 4 a 8 metros de comprimento, por 1,5 metros de largura (BRT, 2008). A palmeira possui frutos que são protegidos por um invólucro constituído por um saco de tecido fibroso, flexível e resistente denominado "tururi", que apresenta cor natural castanho escuro. A Figura 1 ilustra respectivamente, a estrutura da Ubuçu e o aspecto geral da fibra desse estudo. O uso dessa fibra na confecção de roupas ditas "ecologicamente corretas" por parte de pequenas empresas do Amapá e Santa Catarina já faz com que a mesma seja divulgada em âmbito nacional e internacional (Figura 2). Porém, no meio científico tal fibra ainda não havia sido testada como elemento de reforço em compósitos poliméricos, o que faz com esta pesquisa apresente um grau de originalidade bastante singular.



Figura 1 – Estrutura da palmeira ubuçu. 1. Invólucro/saco fibroso denominado “Tururi”. 2. Folhas. 3. Frutos. MARTIUS (1823). Adaptada.

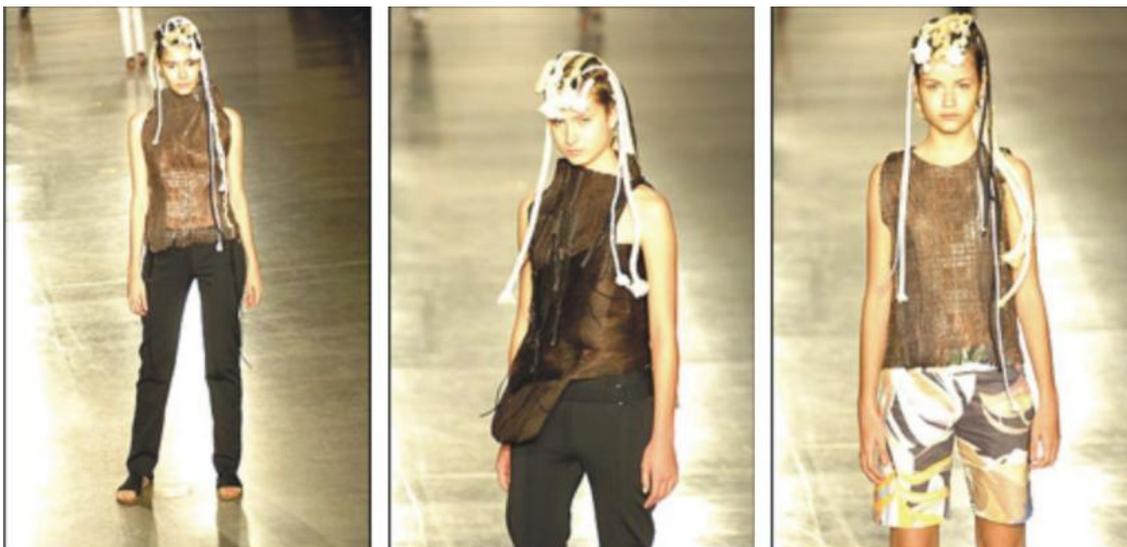


Figura 2 – Coleção de roupas criadas com fibras da ubuçu/ tururi. Fonte: Kulig (2006).

O desenvolvimento das poliuretanas derivadas de óleo de mamona teve origem nos primeiros trabalhos propostos na década de 40. Essas poliuretanas se apresentam como um líquido viscoso, obtido pela compressão das sementes da mamoneira ou por extração com solventes (VILAR, 1993).

Segundo a Empresa de Pesquisa Agropecuária S.A (EMBRAPA) da Bahia e a Secretaria da Agricultura, a mamona mais comum no Brasil é a espécie *Ricinus communis L.* De acordo com WOODS (1990), as resinas poliuretanas podem ser encontradas como elastômero de alta flexibilidade ou de maior dureza.

A resina poliuretana derivada do óleo de mamona apresenta ao menos 700 aplicações diferentes e a quantidade de materiais desenvolvidos aumenta significativamente a cada pesquisa, a ponto de abranger diferentes segmentos de aplicação (telecomunicações, setor médico, automotivo, etc.). Esta resina pode se apresentar de forma mono ou bicomponente, sendo que esta última foi utilizada nesse estudo.

A resina bicomponente é formada por: um pré-polímero com terminação isocianato e um polioli. Sintetizados por poliadição, esses dois componentes reagem entre si, formando um composto poliuretano. Na mistura dos componentes, quanto maior for a proporção do polioli, mais flexível fica a estrutura da resina. Enquanto que, se houver maior concentração de pré-polímero, mais rígida se torna a estrutura, GODOY (2007). A polimerização final ocorre em torno de 24 horas e sua secagem ao toque entre 10 e 30 minutos, dependendo da umidade e temperatura ambiente. Possui viscosidade de 7,5 Pa.s e densidade de 0,959 g/cm³ ambas a 25°C. (ARAÚJO, 1992).

As poliuretanas à base de óleo de mamona diferem muito das derivadas de petróleo. A começar por sua matéria-prima ser proveniente de recursos vegetais renováveis, sendo bastante resistentes aos agentes agressivos, tais como, ácidos, álcalis e bases. Ao contrário das poliuretanas de petróleo, as de base vegetal não são inflamáveis e, quando queimadas, não emitem gases tóxicos.

2.2 Materiais e Métodos

Obtenção dos Materiais - A fibra utilizada nesse trabalho foi extraída da palmeira ubuçu pela população ribeirinha do Amapá, passando posteriormente por um processo de amaciamento, que consiste em nada mais do que lavar o invólucro em água corrente para retirar as impurezas. Este é, portanto, um processo totalmente ecológico, pois não gera resíduos químicos ao meio ambiente. Para este trabalho a fibra foi recebida na forma do invólucro (saco) *in natura*, medindo em média, 60 cm de comprimento e 12 cm de largura (Figura 3).



Figura 3 – Folha de ubuçu coletada neste estudo e suas dimensões aproximadas. Elaborado pelo autor com base na pesquisa realizada.

A fibra foi coletada em setembro de 2008, na cidade de Macapá, localizada a 00°22'0" de latitude, 51°03'59" de longitude e 16 metros de altitude. O clima do município de Macapá é equatorial quente-úmido, com temperatura máxima de 32,6°C e a mínima de 20°C, e uma pluviometria de no máximo 3.000mm. Já o solo é classificado em lato solo amarelo nos terrenos terciários dendrítico-argilosos.

A resina de mamona foi obtida da empresa ZORITE – Resinas Ecológicas, situada na cidade do Rio de Janeiro, revendedora da empresa POLIVEG, fabricante da resina. Foram utilizadas duas relações para a mistura dos componentes, ou seja, 1:1 e 2:1 (poliol e pré-polímero, respectivamente). A proporção 1:1 é comumente utilizada na preparação da resina. Já a proporção 2:1 foi utilizada visando analisar o comportamento da resina de natureza mais flexível na fabricação do compósito, semelhante ao proposto por BOYNARD et al., (1997) para modificar as propriedades de uma resina de mamona. A mistura dos componentes foi realizada à temperatura ambiente. De acordo com o fabricante os dados técnicos do poliuretano são: Densidade: 900 Kg/m³; Resistência à Impacto: 2,36 kJ/m²; Tensão de Flexão: 19,1 x 10⁻⁶ MPa (19,1N/m²); Resistência à Tração: 12,9 x 10⁻⁶ MPa (12,9N/m²); Alongamento de Ruptura: 30% ; e Dureza Shore (ASTM D2240): 70 a 80.

A preparação do poliuretano com a mistura dos dois componentes, poliol e pré-polímero, e relações de 1:1 e 2:1 em massa se deu da seguinte forma: primeiramente pesaram-se as quantidades de cada componente em balança digital com precisão de 0,001g; em seguida os componentes foram misturados (em misturador), por três minutos, com velocidade de rotação baixa (30 rpm), a fim de evitar bolhas. Esta mistura era ao final, espalhada nas folhas de fibra de ubuçu a serem prensadas. Para fins de comparação também foi utilizada como matriz polimérica a resina epóxi, material de origem petrolífera. Ou seja, tivemos aqui três tipos de compósitos, com a mesma fibra vegetal, dois com resina de mamona (em duas proporções diferentes de seus componentes) e outro com resina epóxi.

Fabricação dos Compósitos - A fabricação das placas do compósito se deu utilizando a técnica de moldagem por compressão e envolveu as etapas descritas a seguir:

a) Fabricação de um molde metálico para prensar os compósitos, com dimensões gerais de 200 x 150 x 5 mm (comprimento, largura e espessura interna).

b) Visando um comportamento mais isotrópico do compósito, optou-se por trabalhar com folhas de fibras organizadas em duas direções, ou seja, 0 e 90°. Assim, respeitando-se o sentido preferencial das fibras, as folhas de ubuçu foram abertas e cortadas de acordo com as dimensões do molde metálico em que seriam prensadas (200 x 150 mm);

c) Após o corte das folhas, foi realizada a pesagem das fibras e da quantidade de resina em balança digital com precisão de 0,001g;

d) Após a pesagem das fibras e da resina, foi feita a mistura dos componentes da resina de mamona (mistura do polioli com o pré-polímero). Logo após, a resina era vertida nas fibras de ubuçu previamente organizadas. Após as fibras serem embebidas na resina, suas folhas foram colocadas no molde respeitando a posição (0° e 90°). As resinas foram espalhadas nas fibras com a ajuda de um pincel de cerdas duras;

e) Com o compósito posto no molde, o mesmo foi posteriormente fechado e prensado com uma força de 6 ton. Todo o processo foi realizado à temperatura ambiente e a desmoldagem do compósito foi feita após um mínimo de 8h. Os corpos de prova para os ensaios de abrasão, foram usinados a partir das placas de compósitos moldadas conforme a descrição anterior.

Ensaio de Abrasão – Como nessa pesquisa pretende-se desenvolver um compósito que possa ser utilizado na fabricação de pisos e revestimentos, o ensaio de abrasão é considerado essencial. O ensaio de resistência à abrasão foi executado conforme as recomendações da Norma DIN 53 516 (1987), e consiste em determinar a resistência do material ao desgaste, em um abrasímetro, para um percurso estimado de 40 metros. Este ensaio foi realizado no Laboratório de Compósitos da PUC Rio, com o emprego de um abrasímetro da marca Parabor, com lixa (grânulos de areia) número 180 e índice de ataque de 219,73 mg (correspondente a abrasividade da lixa). Empregaram-se 3 repetições para cada material a ser ensaiado. A resistência à abrasão foi calculada em função da perda de massa sofrida pelo material para o percurso de 40 metros. A Figura 4 ilustra três momentos do ensaio de abrasão.



Figura 4 - Corpo de prova a ser ensaiado (A); corpo de prova ao final do ensaio (B) e corpo de prova pesado ao final do ensaio (C)

MEV – A análise por MEV teve como objetivo observar a superfície dos corpos de prova dos compósitos após o ensaio de abrasão, comparando-os com outras madeiras utilizadas para confecção de pisos. As madeiras utilizadas para comparar as

propriedades de resistência à abrasão com os compósitos deste estudo foram pupunha e coqueiro, por serem madeiras ditas alternativas. As amostras foram analisadas em um câmara de amostra em baixo vácuo (entre 1 e 10 torr). Portanto, não houve metalização prévia nas amostras do compósito.

2.3 Resultados e Discussões

Ensaio de Resistência à Abrasão – Para agilizar a leitura, convencionou-se Material 1 (para o compósito de fibra de ubuçu e resina de mamona com proporção 1:1 de seus componentes) e Material 2 (para o compósito de fibra de ubuçu e resina de mamona com proporção 1:1 de seus componentes) e Material 3 (para o compósito de fibra de ubuçu e resina epóxi). A Figura 5 ilustra os valores computados para as médias das massas (g) das amostras. A Figura 6 ilustra o desgaste abrasivo em (%) para cada material analisado.

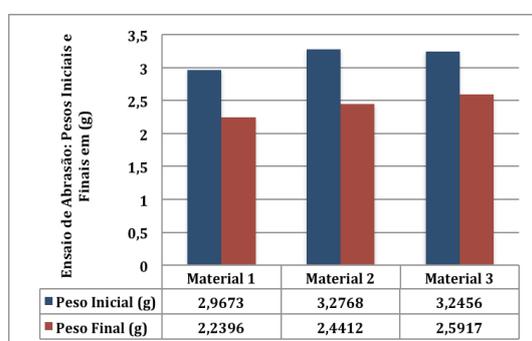


Figura 5 – Abrasão – Pesos iniciais e finais.

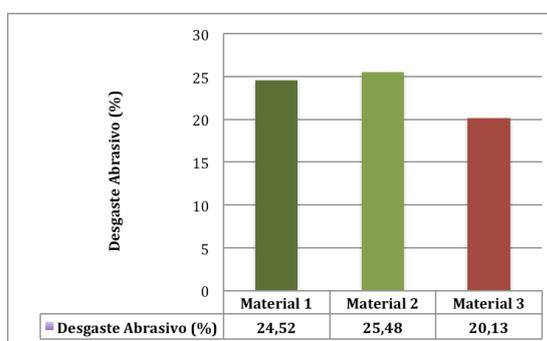


Figura 6 – Desgaste abrasivo (%).

Os valores das médias das massas foram transformados em porcentagem na Figura 6, a fim de se analisar o desgaste abrasivo sofrido por cada material. Assim, é possível observar que Material 1 apresentou um desgaste abrasivo ($24,52 \pm 0,08\%$) e o Material 2 um desgaste abrasivo ($20,13 \pm 0,07\%$). O que se pode concluir em relação ao desgaste abrasivo destes materiais é que ambos apresentaram uma massa final de mais de 60% de massa inicial após o percurso de 40m, o que tecnicamente os torna viáveis para serem utilizados como material para pisos. O resultado de menor desgaste abrasivo para o Material 3 esta diretamente relacionado com o fato de a resina epóxi ser mais rígida que a resina de mamona.

Observando-se resultados da literatura, OLIVEIRA (2005) pesquisou o uso do bambu laminado colado na fabricação de pisos e encontrou um desgaste abrasivo para esta gramínea de 20,34%, comparável com os valores aqui encontrados. OLIVEIRA (2005) também reportou valores de desgaste abrasivo para o ipê (12,63%), sucupira (15,68%) e jatobá (23,67%). Comparando os valores de desgaste abrasivo para as madeiras de lei com os encontrados nesta pesquisa, é possível concluir que os compósitos ora analisados, apresentam viabilidade técnica de utilização na fabricação de pisos, já que o desgaste abrasivo apresentado foi menor que 26% para todas as amostras. É importante frisar que a realização de uma comparação entre os compósitos e estas madeiras se deu pelo fato de as madeiras serem consideradas compósitos naturais.

Em função das propriedades das matérias primas até então apresentadas e discutidas, das disponibilidades regionais e da problemática ecológica em relação a algumas madeiras, o uso desse compósito alternativo, pode ser uma fonte de renda para a população que o produzir, especificamente, a população ribeirinha do Estado do Amapá. Dessa forma, os resultados do ensaio de abrasão vêm fortalecer essa ideia, fornecendo dados técnicos sobre o uso desse compósito na fabricação de pisos do tipo taco.

MEV – Após a realização do ensaio de abrasão, as amostras testadas foram acondicionadas e levadas ao laboratório de microscopia eletrônica de varredura a fim de se analisar as superfícies que sofreram abrasão. Desta forma, coletou-se uma amostra de cada grupo de material analisado e capturaram-se imagens em quatro aumentos, ou seja, 50; 100; 150; e 200 vezes.

A Figura 7 apresenta o bloco de micrografias obtidas para o Material 1. É possível observar na Figura 7A os riscos causados pelos grânulos da lixa abrasiva (seta branca). De forma geral, não é perceptível a existência de fibras expostas na superfície. Na Figura 7B é possível observar em maior detalhe que a superfície apresenta uma maior quantidade de riscos (setas brancas) causados pelos grânulos da lixa, bem com a existência de fibras expostas (setas pretas). As Figuras 7C e 7D apresentam mais detalhadamente a superfície (setas brancas), sem maiores quantidades de fibras expostas.

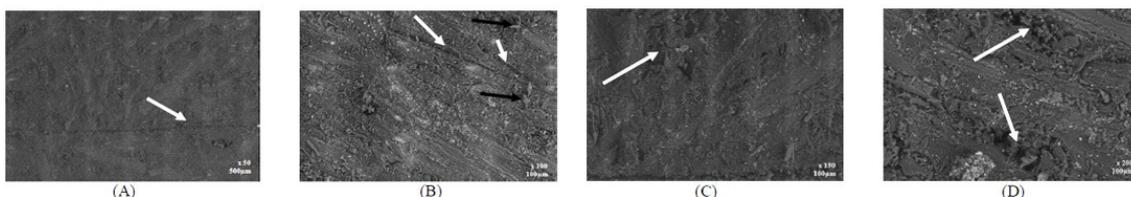


Figura 7 – Micrografias da superfície que sofreu abrasão do Material 1

A Figura 8 apresenta o bloco de micrografias obtidas para o Material 2. Nas Figuras 8A e 8B é possível observar que a superfície do Material 2 é bastante irregular e apresenta um número grande de fibras expostas (setas brancas). Nas Figuras 8C e 8D já é possível observar em maior detalhe as fibras expostas (setas brancas) na superfície. Comparando-se este bloco de micrografias com as do Material 1, é possível concluir que maiores quantidades de fibras foram expostas na superfície do Material 2, o que o faz menos resistente à abrasão. De fato, esse compósito foi o que mostrou o maior desgaste abrasivo.

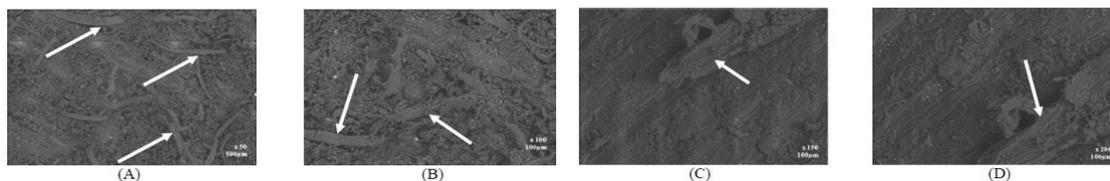


Figura 8 – Micrografias da superfície que sofreu abrasão do Material 2

A Figura 9 apresenta o bloco de micrografias para o Material 3. De forma geral, a superfície se apresenta mais regular em termos de danos do que a do Material 2. Nas Figuras 9A e 9B é possível observar que a superfície do Material 3 é bastante regular, porém apresenta algumas fibras expostas (setas brancas), o que não acontece com a

superfície do Material 1. Nas Figuras 9C e 9D já é possível observar em maior detalhe as fibras expostas (setas brancas), bem como a presença de alguns sulcos causados pelos grânulos da lixa abrasiva (setas pretas). Comparando-se este bloco de micrografias com o Material 2, é possível concluir que menores quantidades de fibras foram expostas na superfície do Material 3, bem como a superfície se apresentou mais regular ou menos danificada que as outras, devendo-se este fato, a natureza rígida da matriz epóxi. De maneira geral, os três materiais compósitos aqui analisados não apresentaram trincas em sua superfície, o que demonstra a eficácia de reforço das fibras de ubuçu nas matrizes poliméricas.

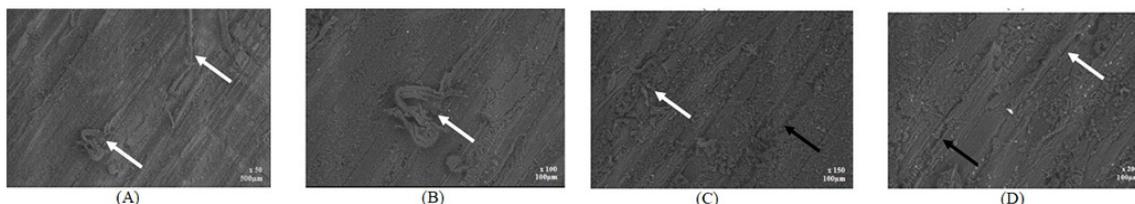


Figura 9 – Micrografias da superfície que sofreu abrasão do Material 3

Amostras de pupunha e coqueiro foram também testadas em abrasão e suas superfícies analisadas em MEV para serem comparadas com as dos materiais compósitos aqui estudados, pois apresentam desgaste abrasivo pequeno (BACELLAR, 2010). A Figura 10 apresenta o bloco de micrografias obtidas para a madeira de pupunha. Nas Figuras 10A e 10B é possível observar que a superfície da pupunha apresenta como principal característica a presença de trincas (setas pretas). Nas Figuras 10C e 10D já é possível observar em maior detalhe que também existem as fibras expostas (setas brancas). A presença de grandes sulcos causados pelos grânulos da lixa abrasiva (setas pretas) e trincas também são evidentes nessas micrografias.

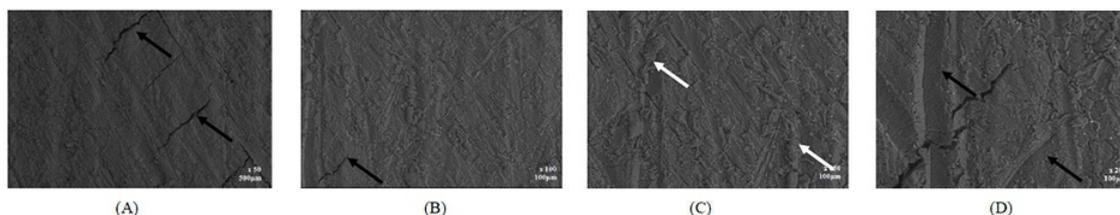


Figura 10 – Micrografias da superfície que sofreu abrasão da pupunha

Comparando-se as micrografias da pupunha com as micrografias dos compósitos analisados, é possível verificar que esta madeira apresentou três tipos de falhas na superfície: fibras expostas, presença de sulcos (mais severos que os existentes nos compósitos) e, principalmente a presença de trincas, faz com que haja infiltração de umidade no material. As trincas não foram detectadas nos compósitos, o que pode indicar que tais materiais podem ser utilizados na fabricação de pisos e revestimentos sem a problemática da existência de trincas.

A Figura 11 apresenta o bloco de micrografias obtidas para a madeira de coqueiro. A principal característica observada nas Figuras 11A e 11B é a presença de trincas na superfície do coqueiro, bem parecidas com as da pupunha (setas brancas). Nas Figuras 11C e 11D já é possível observar em maior detalhe a superfície irregular, a presença de sulcos causados pelos grânulos da lixa abrasiva (setas brancas). A existência de trincas pode vir do fato de que as madeiras de coqueiro e pupunha são

compactas, o que as torna mais propícias ao surgimento dessas trincas. Em relação a este fato, JANKOWSKY (2002), cita que as rachaduras ou trincas aparecem como consequência da diferença de retração nas direções radial e tangencial da madeira e de diferenças de umidade entre regiões contíguas de uma peça, durante o processo de secagem. Essas diferenças levam ao aparecimento de tensões que, tomando-se superiores à resistência dos tecidos lenhosos, provocam a ruptura da madeira.

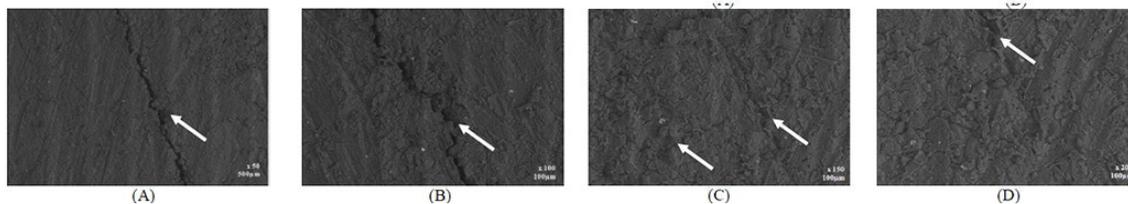


Figura 11 – Micrografias da superfície que sofreu abrasão do coqueiro

Comparando-se as madeiras de coqueiro e pupunha com os compósitos fabricados nesta pesquisa, é possível concluir que as trincas encontradas nas ditas “madeiras alternativas” são prejudiciais ao seu uso em pisos. Mesmo os três compósitos analisados apresentando um desgaste abrasivo maior que as madeiras de pupunha e coqueiro, eles não apresentaram trincas na superfície, o que os torna eficientes para a fabricação de pisos e revestimentos.

Projeto do Piso – Com os excelentes resultados obtidos, optou-se por fabricar um piso do tipo “taco” residencial com o Material 1. A Figura 12 ilustra três possíveis configurações do piso, a saber: Tijolinho (A), Espinha de Peixe (B) e Quadrado (C).



Figura 12 – Configurações formais do piso projetado com o compósito do Material 1.

2 CONCLUSÃO

Os compósitos pesquisados apresentaram bons resultados de resistência à abrasão, tornando-os aplicáveis para a fabricação de pisos e revestimentos diversos. O Design de Produtos pode apresentar sua contribuição para com o meio ambiente ao utilizar como matéria-prima em seus projetos, materiais com menor impacto ambiental, não sendo este, logicamente o único caminho, mas uma entre tantas outras formas de se trabalhar em consonância com as condições ambientais atuais de nosso planeta. A transição rumo a sustentabilidade requer dos designers, qualidades como criatividade e comprometimento com o meio ambiente, pois estes são parte da solução que se vem buscando para nosso caótico quadro ambiental em que nos encontramos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, C.R.; PERLAZA, L.C.; MOTHÉ, C.G. **Thermal properties of commercial and castor oil polyurethane composites with curaua fiber**. In: Fourth International Symposium on Natural Polymers and Composites, São Paulo. 2002.

ASTM D2240-05: **Standard test method for rubber property – Durometer** 2010.

BACELLAR, R.S.; D'ALMEIDA, J.R.M. **Caracterização microestrutural e mecânica de resíduos da agroindústria**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais. PUC Rio. 120p. 2010.

BRT. **Serviço Brasileiro de Resposta Técnica**. Fibra de Tururi. Disponível em: <http://www.brt.com.br/htm> acesso em: 08 de maio de 2008.

BOYNARD, C.A.; D'ALMEIDA, J.R.M.; CARVALHO, L.H. **Avaliação da adição da mistura isocianato/poliol sobre as propriedades mecânicas de uma resina poliéster**. 4º Congresso Brasileiro de Polímeros. Salvador-Ba. CD-Rom, p.13. 1997.

CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas** (v. 6). Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1978.

DIN 53 516 – Deutsches Institute fur Normung. **Tested a borracha, elastômeros: determinação da resistência a abrasão**. Berlin: DIN, 12p.1987.

FERNANDES, Tania Freitas. **Preparação e caracterização de novos materiais compósitos baseados em fibras de celulose**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro. Departamento de Química. 2005. Páginas 93.

GODOY, J. **Estudo de um novo compósito madeira-resina poliuretano para o desenvolvimento de um isolador híbrido**. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 122p. 2007.

JANKOWSKY, L.P. **Defeitos na Secagem de Madeiras**. LCF/ESALQ/USP. Revisado em 20/08/2002. Disponível em: <http://www.ipef.br/tecprodutos/defsecagem.asp>. Acesso em: 18 de junho de 2011.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis – Os requisitos ambientais dos produtos industriais**. 1. Ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

MANZINI, E. **Design para a inovação social e sustentabilidade: comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais**. Rio de Janeiro: E-papers, 2008. (Caderno do Grupo de Altos Estudos; v.1).

MARTIUS, C. F. P. **Historia naturalis palmarum: opus tripartitum**. 1. ed. Germany. 1823. 550p.

OLIVEIRA, A.K.F.; D'ALMEIDA, J.R.M. **Caracterização da fibra de tururi como elemento para fabricação de eco-compósitos**. Anais do 9º P&D Design. 2010. 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. 2010.

OLIVEIRA, A.K.F.; PAES, J.B.P. **Caracterização físico-mecânicas de laminado colado de bambu (*Dendrocalamus giganteus*) para revestimento de pisos**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande. 70p. 2005.

VILAR, W.D. **Química e tecnologia dos poliuretanos**. Rio de Janeiro: Vilar, 340p, 1993.

WOODS, G. **The ICI polyurethanes book**. New York: John Willey. 1990.